ระบบการจัดการแสงสว่างอัตโนมัติตามบริเวณการใช้งานจริงภายในห้องสำนักงานโดยใช้การตรวจจับการเคลื่อนไหวจากกล้องวิดีโอบนอุปกรณ์แอนดรอยด์

Automatic lighting management system based on working zone in office room by using visual motion detection from video camera on Android device

ประณต สว่างพิศาลกิจ[1] วุฒินันท์ แซ่ตั้ง[1] กาญบัญชา พานิชเจริญ[1] และ ไกรฤกษ์ เชยชื่น[2*]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ [2]สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

*E-mail: kairoek.c@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้แสดงการออกแบบและสร้างระบบเปิด-ปิด ไฟแสงสว่างอัตโนมัติใช้การตรวจจับการเคลื่อนที่จากกล้องวิดีโอของโทรศัพท์มือถือหรือแท็บเล็ตบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกในการเปิด-ปิดหลอดไฟและลดการสูญเสียไฟฟ้าโดยเปล่าประโยชน์ ระบบมีการออกแบบมาให้คล้ายกับสวิตช์กระตุก การทำงานคือ เมื่อมีบุคลากร หรือบุคคลเดินผ่านจุดที่ติดตั้งโทรศัพท์ไว้ โทรศัพท์จะทำการประมวลณผลภาพที่ได้รับมาว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปมากน้อยเพียงใด ถ้าในภาพมีการเปลี่ยนแปลงไปตามที่ได้เขียนโค้ดควบคุมไว้โทรศัพท์ก็จะทำการส่งชุดคำสั่งเพื่อไป เปิด แสงสว่างภายในห้องผ่านโมดูลบลูทูธและถ้ามีการเปลี่ยนแปลงของภาพอีกโทรศัพท์ก็จะส่งชุดคำสั่งเพื่อไป ปิด แสงสว่างภายในห้อง จากการทดลองพบได้ว่า แสง มีความสำคัญมากสำหรับการประมวลผลภาพ สามารถแสดงได้จากการทดสอบค่าแสงดังนี้ 1. ในช่วงประมาณ 70-60 LUX การทำงานจะมีความผิดพลาด 1 ครั้งจากทดสอบ 10 ครั้ง คิดเป็น 10% ของความผิดพลาด ในช่วงเวลา 10.30 น. ณ ห้องจำลอง 2. ในช่วงประมาณ 60-55 LUX การทำงานจะมีความผิดพลาด 3 ครั้งจากการทดสอบ 10 ครั้ง คิดเป็น 30% ของความผิดพลาด ในช่วงเวลา 12.33 น. 3. ในช่วงประมาณ 55-45 LUX การทำงานจะมีความผิดพลาด 4 ครั้งจากการทดสอบ 10 ครั้ง คิดเป็น 40% ของความผิดพลาด ในช่วงเวลา 15.30 น.

คำสำคัญ: การเปิดปิดหลอดไฟอัตโนมัติ การตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่จากกล้องวิดีโอ ระบบควบคุมผ่านบูลทูธ

Abstract

This paper presents a design and development of automatic lighting control using image processing from Android phone or tablet in an office room. This work can make users conveniently to turn on-off lighting and to reduce energy consumption. For the operation of this work, the mobile phone installed in the best view try to detect moving object from video by using image processing. If the phone can detect the object, the command for controlling lighting will be sent to microcontroller via Bluetooth to control lighting switch via relay switch. Experimental is performed by varying the environmental lighting in the room from 70 LUX. to 45 LUX. The results show that the errors are 10%, 30%, 40% for environment lighting in ranges 70 – 60, 60 – 55 and 55 – 45 LUX respectively.

Keywords: Automatic on-off lighting, motion detection from video camera, control system via Bluetooth

1. ที่มาและความสำคัญ

งานวิจัยนี้มีแนวคิดที่จะนำพลังงานไฟฟ้าปัจจุบันมาใช้ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดโดยมุ่งพิจารณาไปที่ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีผลมากเมื่อมองในภาพรวมของประเทศไทย (หรือทุกประเทศในโลก) ได้แก่ อุปกรณ์แสงสว่าง หรือเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น ในที่นี้ผู้วิจัยเริ่มพิจารณาที่อุปกรณ์แสงสว่าง ก่อน แม้จะมีผลในด้านการใช้พลังงานน้อยกว่า เครื่องปรับอากาศ แต่อุปกรณ์ดังกล่าวถ้ามองในแง่ปริมาณแล้วถือว่ามีจำนวนมากในแต่ละสถานที่ ตัวอย่างเช่น ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ศาลายามีจำนวนหลอดไฟมากกว่า 3,000 หลอดสำหรับให้แสงสว่างในห้องสำนักงาน

การควบคุมการใช้พลังงานแสงสว่างอย่างมีประสิทธิภาพสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบคือแสงสว่างภายนอกและแสงสว่างภายในอาคาร การควบคุมแสงสว่างภายนอกอย่างมีประสิทธิภาพสามารถควบคุมได้ง่ายกว่าโดยพิจารณาจากแสงแวดล้อมเช่น ควบคุมไฟทางให้สว่างเมื่อแสงแวดล้อม (เช่นเมื่อพระอาทิตย์เริ่มตก เป็นต้น) มีน้อย เป็นต้น แต่การควบคุมแสงสว่างในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพทำได้ยากกว่าเพราะมีปัจจัยที่ซับซ้อนกว่า เช่นมีเรื่องของอุปนิสัยเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เช่น ในห้องสำนักงานเป็นเรื่องที่ไม่ง่ายที่จะควบคุมให้ทุกคนปิดไฟเมื่อไม่ใช้งาน เป็นต้น วิธีการที่สามารถใช้แก้ปัญหานี้ได้คือ การปลูกจิตสำนึกอนุรักษ์พลังงานและโดยวิธีการใช้สวิตซ์กระตุก [1]

อย่างไรก็ดีข้อเสียของสวิซต์กระตุกคือเสียทัศนียภาพภายในห้อง, การติดตั้งและการบำรุงรักษายากลำบาก ประกอบกับปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีด้านความปลอดภัยโดยใช้กล้องวงจรปิดมีการนำกล้องวงจรปิดมาใช้ในการรักษาความปลอดภัยในอาคารมากขึ้นและกล้องวงจรปิดในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะชาญฉลาดมากขึ้น (Smart CCTVs) โดยซึ่งกล้องสามารถทำได้มากกว่าที่จะแค่บันทึกภาพกล่าวคือมีการเพิ่มฟังก์ชันดูแลความปลอดภัยที่เจาะจงมากขึ้นเช่น การแยกแยะกิจกรรมผิดปกติในพื้นที่ที่ตรวจตราได้ [2]

และความก้าวหน้าในเทคโนโลยี Smart phones (devices) ทั้งบนระบบปฏิบัติการ Androids หรือ IOS ซึ่งสามารถทำงานได้ไม่ต่างจาก smart CCTVs ดังนั้นจากเหตุผลที่กล่าวมาทั้งหมดผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบควบคุมไฟส่องสว่างในอาคารตามสภาพการใช้งานจริงเช่นเดียวกับการทำงานของสวิตซ์กระตุกโดยใช้การตรวจจับการเคลื่อนไหว จากกล้องที่ได้จาก smart phone ซึ่งทำหน้าที่ได้เช่นเดียวกับ smart CCTV ซึ่งช่วยผู้พิการหรือผู้สูงอายุที่ช่วยเหลือตัวเองยากในการเปิดปิดไฟส่องสว่างได้สะดวกด้วย

ปัจจุบันมีการนำ smart phone/device มาใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านโดยมีหลักการทำงานคล้ายรีโมทคอนโทรลระยะไกล ตัวอย่างเช่น Omprakash [3] นำ smart phone มาใช้ในการควบคุมคอมพิวเตอร์ PC ระยะไกลโดยต้องทำเครื่อง PC ให้เป็นเครื่อง server ก่อนจึงจะสามารถใช้ smart phone เชื่อมต่อมายัง PC ได้, Yu [4] ใช้ smart phone ร่วมกับกล้องเว็บแคมและ ZigBee เพื่อสร้างระบบรักษาความปลอดภัยโดยการตรวจตราระยะไกลจากเครื่อง

คอมพิวเตอร์ที่ต่ออินเตอร์เน็ตหรือจาก smart phone ก็ได้และสร้างระบบที่สามารถเปิดปิดไฟส่องสว่างจาก smart phone และที่สวิตช์เปิดปิดไฟส่องสว่างจะถูกควบคุมผ่านอุปกรณ์ ZigBee ซึ่งทำหน้าที่เป็นโมดูลไร้สาย ตัวอย่างสุดท้าย Deepali J. และคณะ [5] เสนอระบบรักษาความปลอดภัยและควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าระยะไกลเช่น ไฟส่องสว่าง, พัดลม, โทรทัศน์หรือ คอมพิวเตอร์ เป็นต้นผ่าน Android SDK บน smart phone หรือ tablet ซึงเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino พร้อมโมดูลไร้สาย แม้ว่าจะมีการนำ smart phone มาใช้อย่างแพร่หลายแต่ส่วนมากใช้ smart phone ในฐานะ remote control ระยะไกลซึ่งต่างจากงานวิจัยนี้ ซึ่งใช้ Android phone ในฐานะ smart CCTV

สำหรับการตรวจจับวัตถุในภาพประยุกต์ใช้การประมวลผลสัญญาณภาพ ท่ามกลางสภาพแสงที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไดนามิค การตรวจจับวัตถุท่ามกลางสภาพแสงที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไดนามิคสามารถทำได้ 2 แบบแบบแรกใช้หลักการรู้จำวัตถุ (Object recognition) และอีกแบบใช้การลบพื้นหลังด้วยแบบจำลองพื้นหลังแบบปรับตัวได้ (Adaptive background model) การรู้จำวัตถุมีข้อเสียคือวิธีการซับซ้อนต้องใช้ตัวอย่างจำนวนมากในการสอนให้ระบบรู้จำรูปแบบวัตถุทำให้ระบบขาดความยืดหยุ่นในการใช้งาน

การตรวจจับวัตถุจากภาพวิดีโอโดยวิธีการลบพื้นหลังมีข้อดีคือไม่คำนึงถึงชนิดของวัตถุ ยอมให้เราสามารถตรวจจับวัตถุใดๆที่มีการเคลื่อนที่หรือมีความแตกต่างจากพื้นหลัง (Background) แต่ปัญหาที่ต้องพบคือ การเปลี่ยนแปลงอย่างพลวัต (Dynamic) ของ

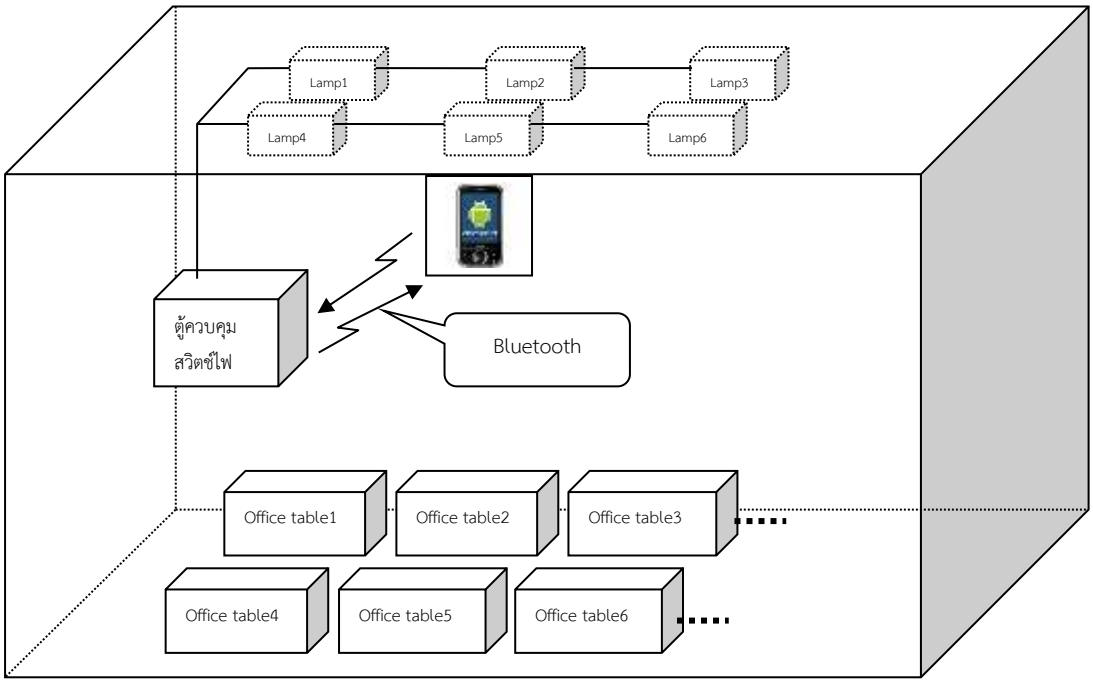
ความเข้มแสงของพื้นหลังทำให้มีวัตถุปลอมเกิดขึ้นมากสำหรับการลบพื้นหลังด้วยวิธีดั้งเดิม [6] เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว Wren และคณะ [7] เสนอใช้เกาส์เซียนแทนการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงของพื้นหลังแต่ วิธีดังกล่าวไม่สามารถใช้ได้ในกรณีที่ความเข้มแสงมีการเปลี่ยนแปลงแบบเป็นรายคาบเช่น การสั่นของใบไม้ เป็นต้น เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว Haritaogru และคณะ [8] เสนอแบบจำลองเกาส์เซียนแบบสองยอด (Bi-model of Gaussian) และเพื่อให้จำลองพื้นหลังสามารถปรับเปลี่ยนไปตามช่วงเวลาที่กำหนด McKenna และคณะ [9] เสนอปรับค่าแบบจำลองพื้นหลังด้วยการปรับค่าแบบ recursive โดยใช้สูตร Non-stationary Gaussian model วิธีนี้ช่วยให้สามารถตรวจจับวัตถุได้แม้สภาพแสงเปลี่ยน

สุดท้ายตัวอย่างในการประยุกต์ใช้การตรวจจับตำแหน่งจากวัตถุภาพ (Visual object detection) นำเสนอโดย Kairoek Ch. [10] ใช้การตรวจจับรถในบริเวณ ROI ของลานจอดรถเพื่อใช้ในการคำนวณพื้นที่ว่างสำหรับจอดรถในระบบการบริหารการจอดรถ ในงานวิจัยนี้นำหลักการดังกล่าวในการตรวจจับตำแหน่งวัตถุภาพภายในบริเวณ ROI ภายในอาคาร มาประยุกต์ใช้และพัฒนาระบบควบคุมไฟส่องสว่างในอาคารตามสภาพการใช้งานจริงเช่นเดียวกับการทำงานของสวิตช์กระตุกโดยใช้การตรวจจับการเคลื่อนไหว จากกล้องที่ได้จาก smart phone ซึ่งทำหน้าที่ได้เช่นเดียวกับ smart CCTV นอกจากจะช่วยเปิดปิดไฟส่องสว่างอย่างอัตโนมัติแล้วยังช่วยผู้พิการหรือผู้สูงอายุที่ช่วยเหลือตัวเองยากในการเปิดปิดไฟส่องสว่างได้สะดวกด้วย

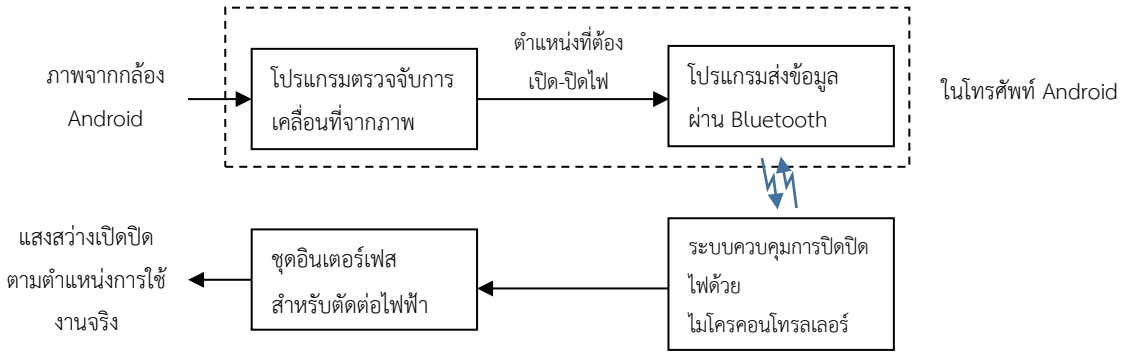
2. ภาพรวมของระบบ

สำหรับโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์แสดงได้ดังรูปที่ 1 และการทำงานสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 2 โดยเมื่อรับภาพจากโทรศัพท์ Android ภาพจะถูกประมวลผลโดยใช้การตรวจจับวัตถุและตำแหน่งวัตถุจากภาพจากตำแหน่งที่สนใจ (Region of interest: ROI) ซึ่งผู้ใช้ได้ทำการกำหนดไว้ก่อนหน้าแล้ว (Single pre-defined ROI) และเป็นตำแหน่งของโต๊ะทำงานเฉพาะที่คนหรือพนักงานมีการเคลื่อนที่เข้าออกเพื่อทำงาน ที่ ROI โปรแกรมจะพิจารณาว่า มีคนหรือไม่มีคนทำงานที่โต๊ะหรือไม่ และส่งข้อมูลนี้ไปให้ระบบควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านบลูทูธ เพื่อส่งให้ชุดอินเตอร์เฟสทำหน้าที่ในการเปิดปิดไฟแสงสว่างต่อไป

ในกรณีที่ห้องสำนักงานมีการกั้นฉาก การใช้ Single pre-defined ROI จะถูกปรับเป็น Double pre-defined ROI ซึ่งจะถูกกำหนดไว้บริเวณที่มีการเดินเข้าออกในคอกที่ทำงาน Double pre-defined ROI จะถูกพิจารณาว่า ผู้ใช้เดินเข้าหรือเดินออกคอกโดยคำนวณลำดับของการแอ็คทีพ ROI ตัวที่ 1 และ 2 ถ้า ROI1 แอ็คทีพก่อน ROI2 ระบบจะตีความว่าเดินเข้าคอกและไฟฟ้าจะส่องสว่าง และไฟฟ้าจะดับถ้าลำดับการแอคทีพตรงกันข้าม



รูปที่ 1 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์สำหรับระบบโดยรวม (Hardware configuration)



รูปที่ 2 โครงสร้างซอฟต์แวร์สำหรับระบบโดยรวม (Software configuration)

3. การตรวจจับวัตถุด้วยการลบพื้นหลัง

การคำนวณการตรวจจับวัตถุด้วยวิธีการลบพื้นหลังใช้สมการดังนี้

$$B_t(x) = \begin{cases} 0, I(x)_t - \mu_{t+1} < threshold \\ 1, \quad otherwise \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{t+1} = \alpha\mu_t + (1-\alpha)z_{t+1} \quad (2)$$

$$\sigma^2_{t+1} = \alpha\left(\sigma^2_t + (\mu_{t+1} - \mu_t)^2\right) + (1-\alpha)(z_{t+1} - \mu_{t+1})^2 \quad (3)$$

เมื่อ B_t คือผลการตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่ I_t คือความเข้มแสงตามองค์ประกอบสี ณ เฟรมปัจจุบัน μ_{t+1}, μ_t คือค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบของสี ณ เฟรมภาพใหม่กับเฟรมภาพปัจจุบัน z_{t+1} คือค่าองค์ประกอบของสี ที่ตรวจจับได้ ณ เฟรมใหม่ σ^2_{t+1} คือค่าวาเรียนท์ขององค์ประกอบของสี ณ เฟรมภาพใหม่และ α คือค่าถ่วงน้ำหนัก จากสมการที่ 1 และ 2 เหมาะกับภาพระดับเทา แต่ในการประมวลผลเรากระทำกับภาพสีดังนั้นเราจะดำเนินการแยกกันระหว่างองค์ประกอบสีในภาพสีคือ สีแดง, สีเขียวและสีน้ำเงิน และเมื่อถึงขั้นตอนการติดตาม การเก็บค่าสีแบบ online จะถูกดำเนินการเพราะระหว่างการติดตามป้าย สีอาจมีการเปลี่ยนแปลงเราจะทำการอัพเดทการเปลี่ยนแปลงสีโดยใช้สมการที่ 1 และ 2 ก่อนเก็บค่าสีไว้ใช้งานต่อไป การหาตำแหน่งวัตถุที่ตรวจจับได้จะคำนวณจากจุดศูนย์กลางของกรอบสี่เหลี่ยมล้อมรอบวัตถุนั้น (Bounding box)

4. การออกแบบหน้าจอสำหรับผู้ใช้

หน้าหลักของโปรแกรมประกอบด้วย ปุ่ม 3 ปุ่ม (ดูรูปที่ 3 (ก) ประกอบ) คือ

1. Search for paired devices ทำหน้าที่เปิดบลูทูธ และค้นหาบลูทูธ
2. Manual ทำหน้าที่แสดงคู่มือการใช้งานของแอพนี้ทั้งหมด โดยเมื่อกดเข้าไปจะมีลิ้งค์ให้ดาวน์โหลดคู่มือการใช้งาน จำเป็นต้องใช้ Internet ในการดาวน์โหลด
3. Connect ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับบลูทูธ และเริ่มโปรแกรมตรวจจับภาพ

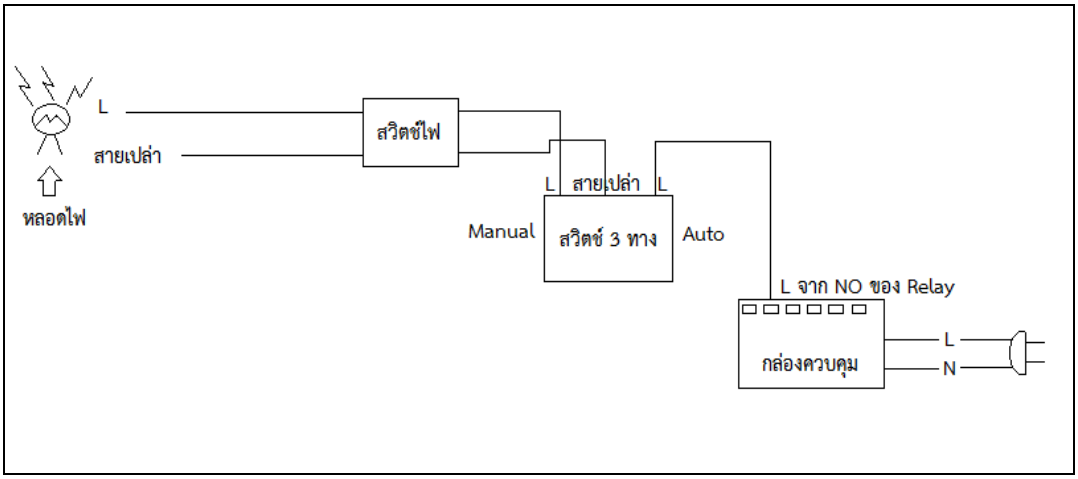
(ก) (ข)

รูปที่ 3 หน้าจอติดต่อกับผู้ใช้ (ก) หน้าหลัก (ข) หน้าจอการทำงานของโปรแกรมตรวจจับวัตถุ

จากรูปที่ 3 (ข) หน้าจอประกอบด้วย 1) Read กับ Scroll ใช้สำหรับการทดลองใช้โปรแกรม โดยโทรศัพท์จะต้องเสียบสาย USB เข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อรอรับโค้ดที่จะรันจากคอมพิวเตอร์เข้าสู่โทรศัพท์ บางครั้งอาจหาสาเหตุ Error จากการใช้งานไม่ได้ Read กับ Scroll จะแสดง Error ในโปรแกรมที่เปิดในมือถือและส่ง Error ไปยัง Eclipse เพื่อเราจะสามารถทราบว่าเกิด Error จากอะไร 2) ON / OFF ใช้ เปิด-ปิดไฟแบบธรรมดา หรือ Manual 3) ตัวเลข 0.00 เป็นการบอกเวลาการใช้งาน เมื่อมีการเริ่มตรวจจับภาพ

5. การต่อระบบควบคุมกับระบบไฟฟ้า

การต่อระบบฯกับระบบไฟฟ้าเดิมที่มีอยู่แล้ว จากรูปที่ 4 เริ่มจากการเอาสาย Line (L) ที่เมนหลักมาต่อเข้ากับ สวิตช์ 2 ทาง และต่อสายไฟจากสวิตช์ 2 ทาง ไปให้กับ สวิตช์ 3 ทาง ที่ขาริม และนำสายเปล่าที่จะรอรับไฟเพื่อส่งไปยังขั้วหลอดมาต่อกับ สวิตช์ 2 ทาง และต่อสายเปล่าจากสวิตช์ 2 ทาง ไปให้กับ สวิตช์ 3 ทาง ที่ขากลาง และสุดท้าย นำสายไฟที่ต่อกับ NO ของ Relay ไปต่อกับ สวิตช์ 3 ทาง ที่ขาริม ผลการติดตั้งแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 ไดอะแกรมการต่อวงจร Relay กับ สวิตช์

รูปที่ 5 การติดตั้งกล่อง relay กับระบบไฟฟ้าเดิมที่มีอยู่

6. การทดลอง

การทดสอบค่าแสงที่มีผลต่อการทำงาน

1. ในช่วงประมาณ 70-60 LUX การทำงานจะมีความผิดพลาด 1 ครั้งจากทดสอบ 10 ครั้ง คิดเป็น 10% ของความผิดพลาด ในช่วงเวลา 10.30 น. ณ ห้องปฏิบัติการ

(ก) (ข)

รูปที่ 6 ตัวอย่างผลการตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่ (ก) ผลการตรวจจับแสดงด้วยสีแดง (ข) วัตถุ (คน) ที่เคลื่อนที่ผ่านกล้อง

2. ในช่วงประมาณ 60-55 lux การทำงานจะมีความผิดพลาด 3 ครั้งจากการทดสอบ 10 ครั้ง คิดเป็น 30% ของความผิดพลาด ในช่วงเวลา 12.33 น. ณ ห้องปฏิบัติการ

3. ในช่วงประมาณ 55-45 lux การทำงานจะมีความผิดพลาด 4 ครั้งจากการทดสอบ 10 ครั้ง คิดเป็น 40% ของความผิดพลาด ในช่วงเวลา 15.30 น. ณ ห้องปฏิบัติการ

นอกจากผู้วิจัยยังได้ทำแบบสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานพบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจในภาพรวม 84 % โดยข้อที่ผู้ใช้พึงพอใจมากที่สุดคือความสะดวกในการใช้ app ได้ค่าความพึงพอใจ 100 % และข้อที่ผู้ใช้พึงพอใจน้อยที่สุดคือ ข้อผิดพลาดจาก app ได้ค่าความพึงพอใจ 60 % ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเกิดจากสัญญาณรบกวนจากกล้องทำให้การปรับตัวของพื้นหลังที่ได้ทำการเรียนรูปปรับตัวไม่ทันและถูกต้องทำให้เกิดการตรวจจับที่ผิดพลาด

7. สรุป

งานวิจัยนี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของทางคณะผู้วิจัย แต่ก็ยังมีบางข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในตัวชิ้นงาน ยังไม่เป็นไปตามเป้าหมายซึ่งก็ต้องมีการแก้ไขปรับปรุงกันต่อไป ตัวอย่างเช่น การจับภาพที่ช้าเกินไป หรือ การจับไม่ได้บางมุม ขึ้นอยู่กับมุมมองของกล้องโทรศัพท์ที่นำมาทดลอง ซึ่งทางคณะผู้จัดทำก็ได้ดำเนินการแก้ไขปรับปรุงมาโดยตลอด ในส่วนของการพัฒนาปรับปรุงต่อยอด ก็สามารถทำได้ต่อไปโดยการปรับปรุงระบบการจับภาพเพื่อที่จะได้รองรับโทรศัพท์รุ่นใหม่ๆ เพราะในอนาคตโทรศัพท์อาจจะมี ความเร็วและ ความละเอียดในการจับภาพมากขึ้นดังนั้นจึงต้องปรับปรุงระบบในส่วนนี้

8. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณและสิ่งอำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัย

9. เอกสารอ้างอิง

มุมอนุรักษ์พลังงาน: แหล่งเรียนรู้โรงเรียนสตรีศรีสุริโยทัย http://www.thaigood view.com/node/ 106677?page=0,1, 2558.

Popular Science explore our future safety, http://www.slashgear.com/popular-science-explore-our-future-safety-033738/, 2558

Khanna O., Jan. 2012, “Concept of Remote controlling PC with Smartphone Inputs from remote place with internet,” **International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering**.

Soyoung H. and Donghui Y., July 2012, “Remote Monitoring and Controlling System Based on ZigBee Networks,” **International Journal of Software Engineering and Its Applications.**

Deepali J., Mohd. Mohsin, Shreerang Nandanwar and Mayur Shingate, March 2013, “Home Automation and Security System Using Android ADK,” **International Journal of Electronics Communication and Computer Technology**.

Gonzalez R. and Woods R., 1993, “Digital Image Processing,” Addison-Wesley, USA.

Wren C., Azarbvejani A., Darrel T. and Penland A., 1997, “Pfinder: Real time Tracking of the Human Body,” **IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence**.

Haritaogru I., Harwood D. and Davis L., 2000, “W4: Real-Time Surveillance of People and their Activities,” **IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, Vol. 22, No.8, pp. 809-830.

S. McKenna, S. Jabri, Z. Doric, H. Wechsler and A. Rosenfeld, 2000, “Tracking Groups of People,” **Journal of Computer Vision and Image Understanding**, Vol. 80, No.1, pp. 42-56.

Kairoek C., "Available car parking space detection from webcam by using adaptive mixing features,", **2012 International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)**, pp.12, May 30 2012-June 1 2012